

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Klinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. G. Theissing

Über den Einfluß körperlicher Arbeit auf den Nasenwiderstand

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Alexander Horst Baumann
aus
Plauen i. V.

D 29

1970

9708259

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen
Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. med. H. Valentin
Referent: Priv. Doz. Dr. med. H. Masing
Coreferent: Prof. Dr. med. G. Theissing

Tag der mündlichen Prüfung: 23. 01. 1970

Laryngologie · Rhinologie · Otologie**und ihre Grenzgebiete**

Herausgeber: W. Becker, Bonn, H.-G. Boenninghaus, Heidelberg, H. Leicher, Mainz, R. Mittermaier, Frankfurt/Main,
H. H. Naumann, Berlin, G. Theissing, Erlangen
Georg Thieme Verlag, 7 Stuttgart 1, Herdweg 63

49. Jahrgang

Stuttgart, im April 1970

Heft 4

Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages gestattet

**Über den Einfluß körperlicher Arbeit
auf den Nasenwiderstand*****A. Baumann, H. Masing**

Hals-Nasen-Ohrenklinik Erlangen der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Prof. Dr. med. G. Theissing)

* Vortrag auf der 53. Versammlung der Vereinigung Südwestdeutscher Hals-Nasen-Ohren-
ärzte in Erlangen vom 26. bis 28. September 1969.

Die Nase ist auf Grund ihres anatomischen Baues im Bereich der Nasenlöcher, der Nasenklappe und der Muscheln zu Querschnittsänderungen fähig, die den Strömungswiderstand erheblich beeinflussen.

Van Dishoeck (1) konnte 1937 durch Ableitung der Aktionspotentiale der Nasenflügelmuskeln zeigen, daß dieselben aktiv den Nasenwiderstand regulieren.

Uddströmer (5) führte 1940 Messungen über den jeweiligen prozentualen Anteil der Nasen- und Mundatmung bei dosierter körperlicher Belastung (Kniebeugen unterschiedlicher Zahl) aus, ohne den Nasenwiderstand genauer zu bestimmen.

Im folgenden wird über Messungen berichtet, die den Einfluß körperlicher Arbeit auf den Nasenwiderstand untersuchen.

Versuchsanordnung

Die Arbeitsleistung wird mit Hilfe eines „ELEMA“-Fußkurbelergometers** ausgeführt. Dieser Ergometertyp hat den Vorteil, daß in dem Bereich von 30 bis 50 U/min die Leistung unabhängig von der Drehzahl ist. Die Leistung ist mit 12,5 W und von 25 bis 400 W in 25 Wattstufen einstellbar.

Weil die optimale Drehzahl mit der Größe der Leistung zunimmt, werden die Versuchspersonen entsprechend den Empfehlungen von *Mellerowicz* (3) angehalten, bei Leistungen von 12,5 bis 100 W etwa 30 Umdrehungen pro Minute, von 100 bis 200 W 40 Umdrehungen pro Minute und von 200 bis 300 W 50 Umdrehungen pro Minute einzuhalten. Die Drehzahl kann von den Versuchspersonen bequem an einem Tachometer abgelesen werden.

Der Nasenwiderstand wird mit Hilfe der posterioren Rhinomanometrie bestimmt. Als Meßplatz dient das von *Masing* entwickelte „*Elema*“-Gerät mit dem Differentialdruckrezeptor EMT 33, dem Pneumomanometer EMT 31 und einem Analogrechner, der synchron den Nasenwiderstandskoeffizienten a/b^{**} ermittelt. – Die Meßwerte Druckdifferenz, Atemstrom und Widerstandskoeffizient werden synchron von einem Mehrkanaldüschreiber registriert. Zur exakten Ermittlung der Pulsfrequenz wird ein EKG (Extremitätenableitung) geschrieben.

Durchführung der Versuche

Als Versuchspersonen werden 24 junge Frauen und Männer im Alter von 20 bis 30 Jahren ausgewählt, die keine wesentlichen Formabweichungen der Nase zeigen und normal durch die Nase atmen. – Die Versuchsperson (VP) wird nach 10 Minuten Ruheatmung aufgefordert, auf dem Fahrradergometer sitzend, in Abständen von 1 Minute

** Für die leihweise Überlassung des Gerätes sind wir der Firma Siemens AG, Erlangen, zu Dank verpflichtet.



jeweils 2 bis 3 Atemzüge bei geschlossenem Mund durch die Maske zu atmen. Nach 6 Messungen in Ruhe beginnt die VP mit der für die jeweilige Belastungsstufe empfohlenen Drehzahl das Ergometer zu treten. Die Belastungsstufen werden sukzessiv nach jeweils 6 Minuten über den Tretwiderstand erhöht.

In 6 Minuten wird zwar noch kein Fließgleichgewicht hergestellt. Die Ergostase ist erreicht, wenn von der 4. bis zur 6. Minute während einer konstanten Belastung der Puls um weniger als 8/min ansteigt. Um die einzelnen Belastungsstufen jedoch möglichst kurz zu halten, soll nach Mellerowicz (3) für ergometrische Untersuchungen nur der Zustand der Ergostase angestrebt werden.

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

a) Der Nasenwiderstandskoeffizient (WK) bei körperlicher Ruhe

Bei Ruheatmung schwankt der WK bei den meisten VP des Kollektivs erheblich. Die meisten Ruhewerte liegen zwischen 0,7 und 2,0.

b) Der Nasenwiderstandskoeffizient bei ansteigender körperlicher Leistung

Bei körperlicher Belastung fällt der Nasenwiderstandskoeffizient entsprechend der Leistung deutlich ab (Abb. 1). Gegenüber den Ruhewerten sind die WKs bei den einzelnen VP hier wesentlich exakter reproduzierbar. Je höher die Leistung, desto stabiler der WK-Wert. Bei 100 Watt-Leistung werden nur noch Schwankungen bis zu 0,2 beobachtet. Allerdings lassen sich die einzelnen VP in bezug auf den Abfall des WK bei gleicher Leistung nicht gut vergleichen. Eine bessere Übereinstimmung verschiedener VP zeigt sich, wenn man den WK zur Herzfrequenz in Beziehung setzt. In der folgenden Tabelle (siehe Tabelle) ist der statistische Mittelwert der Nasen-WK mit Standardabweichung den Herzfrequenzen aus 24 Meßreihen gegenübergestellt, wobei jeweils die Herzfrequenz in Fünferschritten zusammengefaßt wurde. Hier zeigt sich eine nahezu lineare Beziehung zwischen Herzfrequenz und Widerstandskoeffizient.

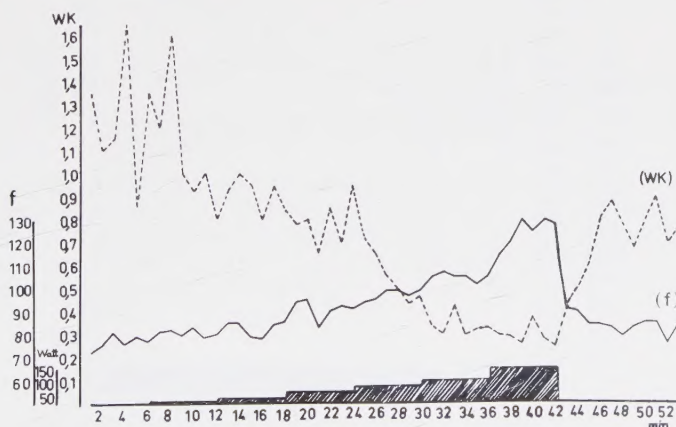


Abb. 1 Darstellung der Meßkurven des Nasenwiderstandskoeffizienten (punktierter Linie), der Pulsfrequenz (ausgezogene Linie), bei steigender körperlicher Arbeit (angegeben in Watt). Nach Beendigung der Arbeit kehren die Werte zu der Ausgangsnorm zurück.

Tabelle 1 Statistische Auswertung von 24 Meßreihen der Korrelation Herzfrequenz und Nasenwiderstandskoeffizient bei körperlicher Belastung. Die Mittelung der Meßreihen zeigen eine nahezu lineare Beziehung zwischen den beiden Meßgrößen.

Herzfrequenz (f)	Widerstands- koeffizient (WK)	Standard- abweichung (s)	Herzfrequenz (f)	Widerstands- koeffizient (WK)	Standard- abweichung (s)
70 – 74	0,95	0,36	115 – 119	0,43	0,20
75 – 79	1,07	0,35	120 – 124	0,38	0,16
80 – 84	0,94	0,37	125 – 129	0,35	0,12
85 – 89	0,94	0,33	130 – 134	0,32	0,13
90 – 94	0,85	0,28	135 – 139	0,29	0,07
95 – 99	0,70	0,25	140 – 144	0,30	0,12
100 – 104	0,61	0,24	145 – 149	0,30	0,09
105 – 109	0,47	0,26	150 – 154	0,17	0,10
110 – 114	0,42	0,23			

c) *Der Widerstandskoeffizient während konstanter körperlicher Leistung*

Bei konstanter körperlicher Leistung über einen längeren Zeitraum fällt der WK von hohem Ruhewert innerhalb von 2 bis 3 Minuten auf einen Wert, der annähernd konstant gehalten wird, ab. Die Größe des Abfalls des WK deckt sich mit dem Wert, den die VP bei ansteigender körperlicher Leistung und bei entsprechender Leistungsstufe auch sonst erreicht (Abb. 2).

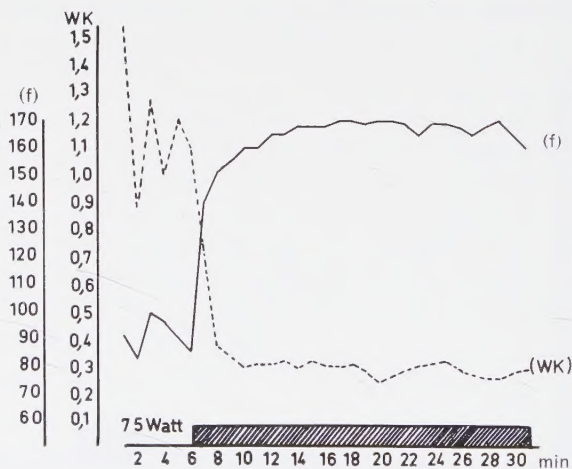


Abb. 2 Graphische Darstellung von Nasenwiderstandskoeffizient und Pulsfrequenz bei konstanter körperlicher Arbeit von 75 Watt. Versuchsperson Nr. 18, 23 Jahre, weiblich. Beachte die Konstanz der Meßreihen während der Belastung.

d) Der Widerstandskoeffizient bei Hyperventilation

Bei willkürlicher Steigerung des Atemstromes auf das Zwei- bis Dreifache des Ruhewertes zeigt sich keine wesentliche Änderung des Nasen-WK. Inspiratorisch bleibt der Widerstandskoeffizient praktisch konstant, expiratorisch fällt der WK bei Hyperventilation gering ab, erreicht aber nicht die Werte, die bei körperlicher Arbeit beobachtet werden.

e) Der Widerstandskoeffizient nach körperlicher Arbeit

Nach körperlicher Arbeit steigt der WK bereits nach 1 Minute wieder deutlich an (siehe Abb. 1). Die Geschwindigkeit des Anstieges entspricht der Abnahme der Herzfrequenz. Er ist demnach entsprechend individuell verschieden.

f) Der Widerstandskoeffizient bei einseitig verschlossener Nase

Der Ruhewert des WK liegt bei einseitig experimentell verschlossener Nase um das zwei- bis dreifache höher als bei doppelseitiger freier Atmung. Bei physischer Arbeit wird ebenfalls ein Abfall des WK beobachtet, jedoch nur entsprechend der einseitigen Leistung der Nase.

g) Der Widerstandskoeffizient bei abgeschwollenen Nasenmuscheln

Nach maximaler Abschwellung der Nasenmuscheln mit abschwellenden Nasentropfen fällt der WK unter körperlicher Belastung deutlich ab, ein Beweis dafür, daß die Nase in allen ihren Querschnitten sich bei körperlicher Belastung erweitert (Abb. 3).

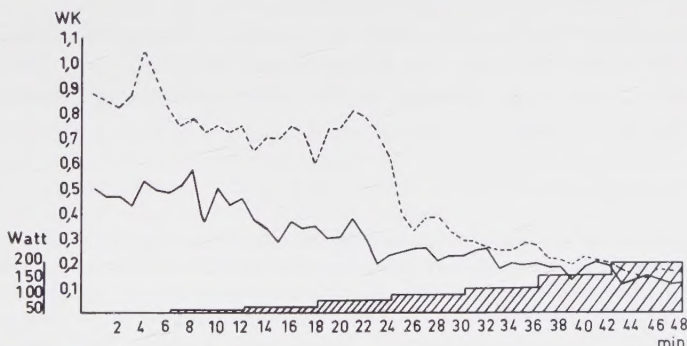


Abb. 3 Graphische Darstellung des Nasenwiderstandskoeffizienten bei steigender körperlicher Belastung (Versuchsperson Nr. 19, 29 Jahre, männlich). 1. Reihe bei nicht abgeschwollener Nase (punktirierte Linie). 2. Reihe mit Otriven abgeschwollener Nase (ausgezogene Linie). In diesem Falle fällt der Nasenwiderstandskoeffizient infolge des Abschwellungseffektes der Nasenmuscheln bei körperlicher Belastung besonders deutlich ab.

Diskussion der Ergebnisse

Auf Grund der Meßreihen besteht kaum ein Zweifel, daß sich die Nase unter körperlicher Belastung weitet und der WK damit abfällt. Diese Weitstellung geschieht einmal im Bereich der vorderen Nase durch die Aktivität der Nasenflügelmuskeln (*Van Dishoeck*), zum anderen aber auch durch das Abschwellen der Nasenmuscheln, welche im Modellversuch 25% des gesamten Nasenwiderstandes ausmachen (*Masing*).

Der WK der Nase schwankt nach unseren Messungen erheblich im Bereich der Ruheatmung. Somit läßt sich ein Ruhewert des WK für eine VP nicht exakt definieren, sondern es muß dabei die vorhandene Schwankungsbreite mehrerer Messungen angegeben werden. Mit zunehmender körperlicher Leistung werden diese Schwankungen der Meßwerte des WK immer geringer. Dabei spielt es offenbar keine Rolle, mit welcher Geschwindigkeit eine bestimmte Leistungsstufe erreicht wird. Sowohl bei allmählicher Steigerung als auch bei plötzlichem Übergang aus der Ruhe zur gewünschten Leistungsstufe erweitert sich die Nase bei den einzelnen VPs annähernd gleich. Allerdings ist der beobachtete WK-Abfall individuell verschieden, jedoch im Einzelfall recht gut reproduzierbar.

Setzt man den in den Versuchsreihen ermittelten WK der Nase in Beziehung zur gemessenen Pulsfrequenz, so lassen sich die Ergebnisse wesentlich besser korrelieren. Da nun die Pulsfrequenz ein direktes Maß des Sauerstoffbedarfes des Organismus ist (*Weidener*), so ist die Annahme durchaus berechtigt, daß der Sauerstoffbedarf des Organismus den Nasenwiderstand regelt. Hyperventilation vermag nach unseren Messungen den WK nicht wesentlich zu beeinflussen. So scheint der lokale Reiz des Atemstromes in der Nase offenbar keine entscheidende Rolle zu spielen. Vermutlich handelt es sich bei dem Nasenluftwiderstand um eine Körperreaktion ohne Rückkoppelung. Dieses zeigen Messungen des Nasen-WK bei körperlicher Belastung und experimentell einseitig verschlossener Nasenatmung. Hier findet sich schon in Ruhe ein höherer Nasenwiderstandskoeffizient, welcher entsprechend der Belastung absinkt. Die Weitstellung auch einer Nasenseite erfolgt nur bei erhöhtem Sauerstoffbedarf.

Der Abschwelleffekt der Nasenmuscheln bei erhöhtem Sauerstoffbedarf ist wohl auf die vasokonstriktorische Wirkung des Sympathikus zurückzuführen. Weitere Untersuchungen müßten noch mehr Klärung in der Wechselbeziehung Nasenmuschel und Nasenflügeltätigkeit erbringen.

Diskussion

Bachmann, Mannheim: Bei unseren rhinomanometrischen Untersuchungen mit Normalatmung wiesen die Atemströme für die einzelnen Atemzüge Unterschiede von 5–15 l/min auf. Errechnete man für die hohen Atemströme – welche quasi einer Hyperventilation entsprechen – den dazugehörigen Widerstandskoeffizienten, so war dieser im Durchschnitt niedriger als jener bei kleinen Atemströmen. Sehen Sie eine Erklärung für dieses Verhalten des Widerstandskoeffizienten, welches im Gegensatz zu Ihren Befunden bei bewußt durchgeführter Hyperventilation steht?

Matzker, Köln: Zwischen Kreislauf und Nase beobachten wir bei der Pneumonie und anderen, den Stoffwechsel stark beeinflussende Erkrankungen: Das Nasenflügelatmen. Ob nicht lediglich das Sauerstoffdefizit und die CO₂-Anreicherung des Blutes als Steuerungsfaktor für dieses Nasenflügelatmen in Betracht kommt?

Masing, Erlangen (Schlußwort):

Zu *Bachmann*, Mannheim: Nach unseren klinisch-experimentellen Erfahrungen fällt der Widerstandskoeffizient bei willkürlicher Hyperventilation nicht ab, sondern steigt eher an.

Zu *Matzker*, Köln: Ob die CO₂-Spannung oder der Sauerstoffverbrauch der auslösende Reiz für den Abfall des Nasenwiderstandskoeffizienten ist, müßte noch untersucht werden. Der Pulsanstieg bei körperlicher Belastung, der bei unseren Untersuchungen registriert wurde, spricht eher für das Sauerstoffdefizit.

Zusammenfassung

Der Nasenwiderstand bei körperlicher Belastung wird bei 24 Personen untersucht. Nach der Methode der posterioren Rhino-Manometrie erfolgt die Bestimmung des Nasenwiderstandskoeffizienten am „ELEMA“-Meßplatz mittels eines synchron schreibenden Analogrechners. Für die zu leistende körperliche Arbeit dient ein „ELEMA“-Fußkurbelergometer. Es zeigt sich, daß der Nasenwiderstandskoeffizient mit steigender körperlicher Leistung linear abfällt, um nach beendeter Arbeit sofort wieder anzusteigen. Bei konstanter Wattzahl fällt der Nasenwiderstandskoeffizient auf einen, der körperlichen Arbeit entsprechenden und reproduzierbaren Wert ab. Da bei der körperlichen Arbeit die Pulsfrequenz entsprechend der Wattzahl ansteigt, läßt sich hier eine gute Korrelation zwischen Nasenwiderstandskoeffizient und der Pulsfrequenz beobachten. Der adäquate Reiz der Erweiterung der Nase bei körperlicher Arbeit scheint demnach nicht lokaler Art, sondern eher der Sauerstoffbedarf des Organismus zu sein.

Summary

The nasal resistance during physical effort was determined in 24 subjects. The coefficient of nasal resistance was measured by posterior rhinomanometry and recorded with an "ELEMA" apparatus by means of a direct writing analog computer. The body work was determined by an "ELEMA" foot pedal ergometer. The coefficient of nasal resistance showed a linear fall with increasing bodily exertion and rose again as soon as the work stopped. With a constant wattage the nasal resistance coefficient falls to a reproducible level, corresponding to the work being performed. The pulse rate rises during bodily exertion to correspond with the wattage and a good correlation is therefore obtained between the pulse rate and the coefficient of nasal resistance. It seems that the oxygen demands of the organism rather than local conditions provide an adequate stimulus for widening the nose during physical effort.

Résumé

La résistance respiratoire du nez pendant le travail corporel était examinée chez 24 personnes. Selon la méthode de rhinomanométrie postérieure les coefficients de la résistance nasale étaient déterminés sur l'appareil "Elema" à l'aide d'un calculateur analogue écrivant de façon synchrone. Pour le travail corporel exigé sert un ergomètre "Elema" à commande à pied. Il se montrait que le coefficient de la résistance nasale se diminuait de façon linéaire à l'augmentation du travail exécuté, pour s'augmenter immédiatement après le travail accompli. A nombre constante de watts le coefficient de la résistance nasale tombe sur une valeur reproductible correspondant au travail corporel. Etant donné le fait que la fréquence de pouls s'augmente, dans le travail corporel, en rapport du nombre de watts, on peut observer la bonne corrélation entre le coefficient de la résistance nasale et la fréquence du pouls. C'est pourquoi le stimulus adéquat pour l'élargissement du nez pendant le travail corporel semble être non pas d'une espèce locale, mais plutôt le besoin de l'organisme en oxygène.

Resumen

Se hace un estudio en 24 personas sobre la resistencia nasal cuando el cuerpo está expuesto a un stress. Se usó el sistema ELEMA posterior, que da una rinometría muy exacta. Se hizo uso de una medida aritmética sincrónica. Para medir el trabajo corporal, se usó el sistema ELEMA pié-pantorrilla ergómetro. Apareció que el coeficiente de resistencia nasal, con el aumento del esfuerzo corporal caía de una manera lineal, para rectificarse inmediatamente que cesara el esfuerzo corporal. Durante la cuenta constante en Watts, cae el coeficiente de la resistencia nasal.

Literatur

- 1 Dishoeck, v., H. A. E.: Elektrogramm der Nasenflügelmuskulatur und Nasenwiderstandskurve. Acta oto-laryng. (Stockh.) 25 (1937), 285
- 2 Masing, H.: Experimentelle Untersuchungen über die Strömung im Nasenmodell. Arch. klin. exp. Ohr-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 189 (1967), 59
- 3 Masing, H.: Nasenwiderstand und Atemfunktion. Z. Laryng. Rhinol. 47 (1968), 277
- 4 Mellerowicz, H.: Vorschläge zur Standardisierung der ergometrischen Leistungsmessung. 1. Int. Seminar f. Ergometrie, Berl. (1965)
- 5 Uddströmer, M.: Nasal respiration usw. Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 42 (1940)
- 6 Weidener, J.: Die Herzschlagfrequenz bei ergometrischer Leistung. 1. Int. Seminar f. Ergometrie, Berl. (1965)

*Priv.-Doz. Dr. H. Masing, A. Baumann, Univ.-Hals-Nasen-Ohrenklinik,
852 Erlangen, Waldstraße 1*

LEBENS LAUF

Am 2. April 1939 wurde ich in Plauen i.V. als Sohn des Kaufmanns Horst Baumann und dessen Ehefrau, der Hausfrau Hildegard Baumann, geborene Hausdörfer, geboren. Kurz nach meiner Geburt zogen meine Eltern mit mir nach Nürnberg und von dort 1944 nach Roth bei Nürnberg. In Roth besuchte ich vier Jahre die Volksschule und anschließend im benachbarten Schwabach neun Jahre den mathematisch naturwissenschaftlichen Zweig der Oberrealschule. Im Juli 1958 bestand ich in Schwabach die Reifeprüfung. Vom Wintersemester 1958/59 bis einschließlich Sommersemester 1964 studierte ich Medizin: fünf vorklinische und sechs klinische Semester in Erlangen, ein klinisches Semester im Winter 1961/62 in Freiburg/Br. Die ärztliche Prüfung legte ich im Wintersemester 1964/65 an der Universität Erlangen ab. Als Medizinalassistent war ich von Dezember 1965 bis September 1966 auf der chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses Babenhausen/Schwaben, von Oktober 1966 bis Dezember 1966 an der Universitäts-Hals-Nasen-Ohrenklinik in Erlangen, von Januar 1967 bis März 1967 an der Universitätsklinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten in Erlangen, von Mai 1967 bis Oktober 1967 auf der inneren Abteilung des Stadt- und Kreiskrankenhauses Kulmbach und von Dezember 1967 bis April 1968 an der Frauenklinik der Städtischen Krankenanstalten Nürnberg tätig. Die Approbation wurde am 7. April 1968 erteilt. Seit 1. Juni 1968 bin ich Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle an der Universitäts-Hals-Nasen-Ohrenklinik in Erlangen. Die Tätigkeit an dieser Klinik wird leider seit 8. April 1969 durch Ableistung des Grundwehrdienstes unterbrochen. Nach einem vierwöchigen Lehrgang an der Akademie für Sanitätswesen der Bundeswehr in München bin ich jetzt als Truppenarzt in Amberg tätig. Seit 10. Oktober 1966 bin ich verheiratet.

Alexander Horst Baumann

